

# S7-300 PLC 实现水环境 生态修复系统实时监测与控制

申忠宇<sup>1</sup>, 赵 瑾<sup>1</sup>, 孙 冀<sup>1</sup>, 王国祥<sup>2</sup>

(1 南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

2 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 根据水环境生态修复系统的特点和结构以及控制要求, 结合 PLC 控制技术、智能传感技术、现场总线技术、OPC 技术等手段, 基于西门子 SMATIC S7-300 PLC 构成一个新型的水环境生态修复中试平台的控制系统, 实现对温度、湿度、风速、风向、ORP、光强、CO<sub>2</sub>、水位等参数的实时监测与控制, 有助于在中试平台上进行相关生态修复技术的研究和推广。重点介绍水环境生态修复实验平台控制系统硬件结构组成、结构化程序编程以及微生态系统模糊控制算法的实现等。水环境生态修复控制系统运行、操作方便, 维护简单, 同时具有良好的人机交互环境。

[关键词] 水环境, 生态修复系统, S7-300 PLC, 模糊控制

[中图分类号] TP393 X506 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2005)03-0020-04

## Real Time Monitoring and Control of Ecologic Rehabilitating System in Water Environment with S7-300 PLC

SHEN Zhongyu<sup>1</sup>, ZHAO Jin<sup>1</sup>, SUN Ji<sup>1</sup>, WANG Guoxiang<sup>2</sup>

(1 School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210042, China)

2 School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210097, China)

**Abstract** According to the features and structures of the ecologic rehabilitating system in water environment, based on the automatic control system by SIEMENS SMATIC S7-300 PLC, and by combining with PLC technique, intelligent transducer technique, fieldbus technique, OPC technique etc. and its control requirement, this paper designs and establishes the experiment test platform of the ecologic rehabilitating system in water environmental intelligent experiment test platform to monitor and control a sets of locale temperatures, humidity, wind speed and direction, ORP, light intensity, CO<sub>2</sub>, water level etc. and to do research and apply ecologic rehabilitating technique on experiment test platform. The structure of the system hardware and the structuring program design are recommended in detail and the fuzzy control arithmetic is thus realized. The practice shows that the working of the ecologic rehabilitating control system is feasible, that its operation is very simple and that the maintenance is convenient, and that the man-machine alternation is good.

**Key words** water environment, ecologic rehabilitating system, S7-300 PLC, fuzzy control

## 0 引言

水环境污染问题伴随着人类经济活动和社会发展的快速增长而显得日益严重, 以富营养化为主的湖泊公害、黑臭及高营养负荷为代表的城镇河流污染等, 正在严重制约和影响社会经济的可持续发展。从生态学角度研究湖泊富营养化、河流等水

环境污染已成为当前环境工程领域的研究热点之一<sup>[1,2]</sup>。建立以生态修复技术集成的水环境生态修复系统, 开展相关生态修复技术的研究, 利用大量可信度高的实验数据作为数值模型的校验数据, 具有可控的输入条件, 使之成为水生态研究的强有力的手段。水环境生态修复系统就是在受控条件下研究湖泊、河流生态系统的一些过程, 为全面研究

收稿日期: 2005-04-08

基金项目: 江苏省环境工程重点实验室基金资助项目 (2003105TS9B43N)。

作者简介: 申忠宇 (1962-), 副教授, 主要从事智能控制、现场总线、可编程控制装置应用等方面的教学与研究。

E-mail: shenzhongyu@njnu.edu.cn

环境要素对湖泊、河流生态系统的影响提供的实验中试平台. 本文介绍了研究湖泊、河流水环境污染的生态修复系统, 着重描述 SMATIC S7-300 PLC 在水环境生态修复监控系统设计和实现.

## 1 水环境生态修复系统中试平台

目前, 国内湖泊、水库和河流的污染主要表现在富营养化, 其污染不仅仅影响水体的功能以及危害水生生物, 而且正促使湖泊、水库和河流的消亡. 导致富营养化的主要原因是氮、磷污染. 所谓水环境生态修复系统<sup>[3]</sup>: 一方面依靠水生态系统本生的自适应、自组织、自调节能力来恢复水生态系统, 另一方面则通过一些辅助人工措施为水生态系统的健康运转服务, 从而加快恢复已被破坏的水生态系统.

水环境生态修复系统中试平台建立的目的在于: 研究在受控状态下湖泊、河流生态系统的变化过程; 模拟研究发生富营养化以及藻类水华的水质状况; 研究富营养化治理技术、强化湖泊水体自净能力的净化技术以及各种人工调控措施等一系列生态修复技术, 为控制富营养化提供有利的依据. 因此水环境生态修复系统主要由温室系统、人工湖泊结构、人工河流结构和微生态系统结构等组成.

## 2 水环境生态修复控制系统总体结构

水环境生态修复监控系统采用了西门子的 PROFIBUS 网络技术, SMATIC S7-300PLC 作为 PROFIBUS-DP 的一级 DP 主站, 负责对现场数据的采集、处理和控制在, 发送各种控制信息, 工控机与组态软件 MCGS 作为二级 DP 主站, 接受来自 PLC 的处理数据以及数据的读写, 实现系统操作与监视等功能. 水环境生态修复控制系统的总体结构示意图如图 1 所示.

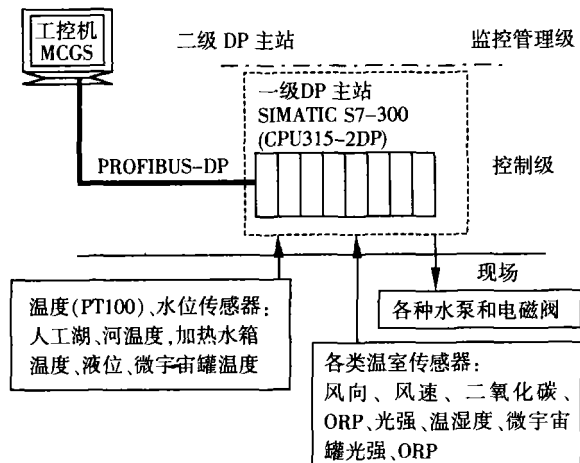


图1 水环境生态修复控制系统的总体结构示意图

## 3 水环境生态修复控制系统的硬件构成

水环境生态修复控制系统分别由人工湖泊和人工河流控制系统、温室控制系统和微生态控制系统 3 大部分组成. 由于篇幅有限, 主要介绍人工湖泊和人工河流控制系统以及微生态控制系统的控制要求和系统软硬件的实现.

### 3.1 控制要求

建立人工湖泊和人工河流的目的是模拟不同类型的富营养化状况 (蓝藻型并发生水华、平裂藻型、隐藻型等富营养化类型). 研究控制蓝藻水华、治理湖泊富营养化、改善富营养化水体水质的实用技术, 揭示模拟湖泊内蓝藻水华的发生条件. 同时研究开发在富营养化湖泊修复重建水生植被控制蓝藻水华暴发、降解蓝藻毒素、改善水质的生态修复技术以及构建不同生态类型的生态系统. 而微生态系统主要用于模拟藻类的生长过程, 进行藻类生长影响条件和湖泊富营养化的机理研究, 培养试验用藻类.

根据人工湖泊、人工河流以及微生态系统的结构和设计要求, 提出了相应的控制要求: (1) 人工湖泊、人工河流各个区域和微生态系统的温度、ORP 等参数的在线检测, 以及根据实验需要通过上位机对相应温度设定值进行设定; (2) 人工湖泊、人工河流各个区域和微生态系统的强度的在线检测, 以及根据实验需要通过上位机对相应光强度设定值进行设定; (3) 温室内大气中温度、湿度的在线检测, 温室外风向、风速的在线检测, 以及根据实验需要通过上位机对相应温度、湿度设定值进行设定, 实现温室系统的控制; (4) 根据冬季升温 and 夏季降温两种运行方式, 通过对加热水箱的加热/制冷控制以及相应循环泵的控制, 实现对配水池和人工湖泊/河水体的换热控制; (5) 微生态系统的温度控制由各加热水箱内的检测温度与设定值决定加热水箱加热系统的开启/关闭, 并通过培养罐各层测定温度与设定温度启动循环泵.

### 3.2 硬件设计

水环境生态修复控制系统所检测的模拟量主要是温度、光强度、CO<sub>2</sub>、ORP、温湿度、风速、风向、水位等. 基本上通过相关传感器转变为 4~20 mA 标准电流信号, 然后接入 PLC 的模拟量测量模块; 水体温度的在线检测则是采用铂电阻 (三线制) 接入 PLC 的热电阻测量模块. 控制系统数字输入输出点以及模拟量输入点合计 120 多点. SMATIC

S7-300系列模块化 PLC 作为水环境生态修复控制系统的现场控制级,具有功能强、速度快、模块化、可扩充性强的优点;同时 CPU 315-2DP带有两个网络接口即 MPI(Multi-point Interface)和 PROFIBUS-

DP接口,易于组成网络.根据系统的配置和控制要求,选择合适的输入输出模块,并通过接口模块 M 来延续总线,以 0#导轨为例的硬件组态如图 2所示.

(0) UR							
S...	Module	Order number	Firmware	MPI address	I add...	Q address	Comment
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0					电源
2	CPU315-2DP (1)	6ES7 315-2AG10-0AB0	V2.0	2			
3	DI 360	6ES7 360-3AA01-0AA0			2047*		
4	AI8xRTD	6ES7 331-7FF00-0AB0			2000		
5	AI8xRTD	6ES7 331-7FF00-0AB0			256...271		人工湖温度检测
6	AI8xRTD	6ES7 331-7FF00-0AB0			272...287		人工湖温度和大配水池温度检测
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			288...303		人工河温度和加热水箱温度检测
8	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			304...319		人工湖ORP测量,大配水池和加热水箱液位测量
9	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			320...335		温室光强度、湿度和温度检测
10					336...351		温室CO2和风速的检测
11							

图 2 S7-300PLC 0# 导轨的硬件组态

工控机作为上位机实现系统的监控管理,采用过程控制总线技术 PROFIBUS-DP组成控制核心,采用昆仑通态的 MCGS工控组态软件,通过对现场数据的采集处理、控制等完成下列主要任务:

(1) 水环境生态修复系统中试平台的各个控制环节流程图以及现场数据的在线显示和控制.通过 PROFIBUS-DP 与 PLC 进行通讯,利用 SIEMENS 公司提供的 SOFTNET 软件进行上位机的通讯,并通过 OPC (OLE for Process Control) 技术实现实时从现场控制级与上位机之间数据交换和提取;实时显示水环境生态修复系统的各种监控数据,并对人工湖泊和河流、微生态系统和温室的数据设定和控制.通过各种动态画面直观、精确了解水环境生态修复系统中试平台的工作状况,便于实验人员进行相关的水环境生态修复技术的研究.

(2) 数据在线查询功能.通过主机画面上的下拉菜单的实时数据曲线对各种现场数据进行实时显示和观测,以便了解系统的进展情况;通过历史数据曲线将现场数据存放到数据库,以便了解长时间实验过程的历史趋势.数据的在线查询保证实验数据的精确、方便和快捷.

(3) 报警功能.可以对各超出设定值极限范围的参数进行声光报警,并做相应处理,同时还设置报警提示功能,根据提示要求进行相应的操作.

(4) 报表功能.通过 EXCEL 对重要的现场数据如人工湖泊和河流、微生态系统各部分的温度、温室的各种数据生成报表进行打印存档.

4 应用程序的结构化编程设计

水环境生态修复控制系统的 PLC 程序采用

SIEMENS公司提供的 STEP7 设计开发而成的,采用结构化编程原理,即把一些典型的控制方式分类、归纳、抽象化,然后编写一个个与之相对应的通用程序块.这种结构化编程设计提高了编程效率,程序的调试和维护简单方便;同时软件具有良好的可移植性和扩展性.

4.1 应用程序的实现

根据水环境生态修复系统操作控制的具体过程,通过功能模块实现不同的控制功能,对相同的控制功能可反复调用相同的功能块,实现软件的结构化、标准化设计.整个应用程序分为两大部分:

(1) 生态修复系统的数据区部分.建立生态修复系统的控制数据区域以及相应的共享数据块 (DB 块),在控制数据区利用 M 寄存器设置与控制要求相关的记忆设备或过程工作状态的标志位,以及输出操作状态显示位;同时利用 PLC 的共享数据块建立生态修复系统的数据块区域,如 DB1 为人工湖泊 / 人工河流的温度测量范围、设定值上下限以及相应平均值的数据区, DB30 为模拟量工程单位实数显示数据区.

(2) 应用程序功能块部分.将生态修复系统的控制任务分解为若干独立的子任务,每个子任务分别由功能块 FC 完成,然后通过组织块 OB1 控制并依次调用这些功能块,功能模块 FC 对应相关的调度指令,顺序完成控制流程.树型程序结构图 of 水环境生态修复系统控制操作流程的 PLC 程序设计图,如图 3 所示,按照该逻辑结构框图完成生态修复控制系统 PLC 应用程序的设计.

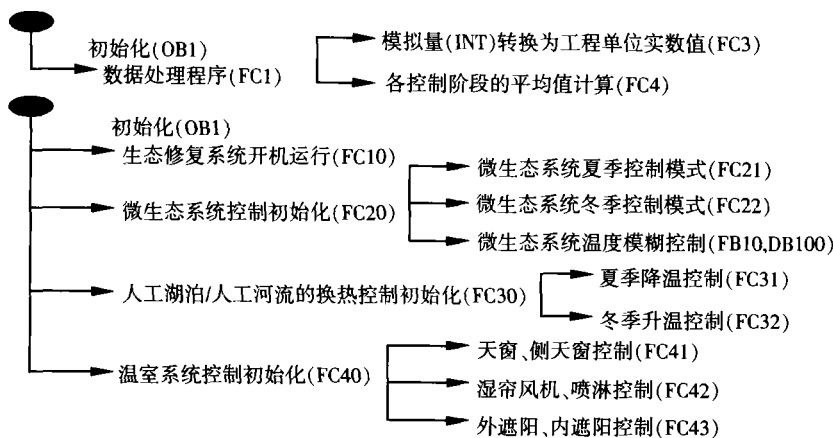


图 3 水环境生态修复控制系统 PLC 应用程序树型结构框图

4.2 控制算法的软件实现

微生态系统是一个圆柱体箱式不锈钢结构, 模拟藻类生长环境的水体自然运动过程, 避免藻类培养过程中藻类的聚集沉淀, 从而保证其内环境条件的均质性. 微生态系统的温度控制主要通过: (1) 加热水箱组内的测量温度与设定值的比较决定加热水箱组加热系统的开启和关闭; (2) 设计一套模糊控制算法: 根据微生态系统的培养罐 3 层测定温度平均值与设定值的比较, 通过控制进水电磁阀的接通时间, 实现微生态系统的恒温控制.

微生态系统内的培养罐主要进行各种藻类的培养、研究和模拟藻类生长过程, 对其的温度控制的好坏严重影响着藻类的生长, 同时各种藻类对温度的要求不一样, 因而使算法具有在线修改功能. 通过 STEP7 实现模糊控制算法, 其模糊控制规则如表 1 所示.

表 1 模糊控制规则

占空比	110% 以下 $T_{给}$	110% ~ 100% $T_{给}$	100% ~ 90% $T_{给}$	90% ~ 80% $T_{给}$	80% ~ 50% $T_{给}$	50% 以下 $T_{给}$
M	0	0	0	0	0	0
PS	0	0.1	0	0	0	0
PM	0	0	0.3	0	0	0
PB	0	0	0	0.5	0	0
PBB	0	0	0	0	0.7	0
PBBB	0	0	0	0	0	1.0

PLC 实现上述的模糊控制算法, 设置 6 个定时器  $(T_{ON})$ , 产生不同占空比的脉冲, 再由这些脉冲控制进水电磁阀的通断, 此外考虑到实验人员根据需求不断地改变培养罐内的藻类, 通过操作监视平台可以在线修改控制算法中设定值的范围以及定时器的时间设定值, 从而满足不同的实验要求, 增加了控制算法的灵活性和实用性. 模糊控制算法子程序框图如图 4 所示.

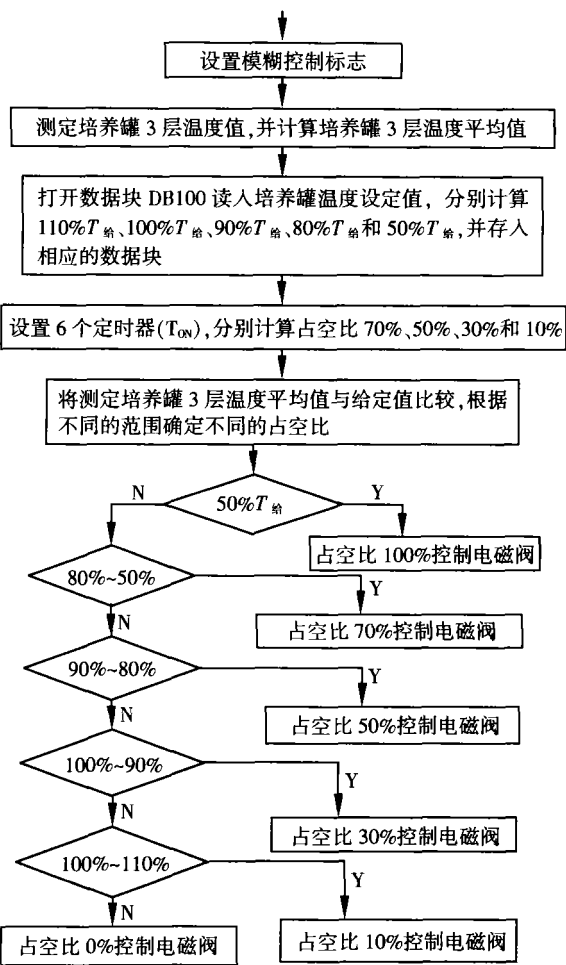


图 4 模糊控制算法子程序框图

5 结束语

水环境生态修复控制系统, 由于采用西门子公司 PROFIBUS-DP 现场总线技术, 简化了现场布线, 提高了数据传输速率; 使用 STEP7 编程、SOFT-NET 软件和组态软件 MCGS 实现系统的控制与监测, 系统功能进一步完善, 扩展灵活, 便于维护, 提高了系统运行的稳定性和可靠性. (下转第 75 页)

表 2 试样分析测定结果

试样编号	哒螨酮含量 / (mg• kg <sup>-1</sup> )	试样编号	哒螨酮含量 / (mg• kg <sup>-1</sup> )
苹果 1	未检出	柑橘 1	1.43
苹果 2	未检出	柑橘 2	未检出
苹果 3	0.97	柑橘 3	未检出
苹果 4	未检出	梨子 1	未检出
苹果 5	1.12	梨子 2	未检出

[参考文献]

[ 1] 邓传跃,李明. RP-HPLC法快速测定哒螨酮 [ J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 1995 20( 3): 279- 283

[ 2] 詹福康,杨艳华,董广新,等. 高效液相色谱法分析三氯• 哒螨乳油的方法研究 [ J]. 农药, 2000, 39( 12): 17- 18

[ 3] 申荣云. 哒螨酮与四螨嗪混合制剂的液谱分析 [ J]. 农药科学与管理, 1999, 20( 2): 7- 8

[ 4] 陈帆,林勤耕. 哒螨酮及其乳油的毛细管色谱分析 [ J]. 化工生产与技术, 1999 6( 3): 48- 50

[责任编辑: 孙德泉]

(上接第 23页)

[参考文献]

[ 1] 吴捷, 杨俊华. 绿色能源与生态环境控制 [ J]. 控制理论与应用, 2004 21( 6): 864- 869.

[ 2] 郑天柱, 周建仁, 王超. 污染河道的生态修复机理研究 [ J]. 环境科学, 2002 23( 增刊): 115- 117.

[ 3] 孙卫星, 汪翊. 浅谈受污染水体生态修复技术 [ J]. 环境科学与技术, 2003 26( 增刊): 108- 111.

[ 4] 钟肇桢,冯太合,陈宇驹. 西门子 S7-300系列 PLC 及应用软件 STEP7[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2004

[ 5] 胡学林. 可编程控制器教程 (实训篇) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004

[责任编辑: 刘健]